

# ESTIMATIVA DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO EM AMBIENTE PROTEGIDO MEDIANTE A UTILIZAÇÃO DE DIFERENTES EVAPORÍMETROS

**Francisco O. G. MENEZES JÚNIOR<sup>1</sup>, Sérgio R. MARTINS<sup>2</sup>, Georgia B. DUARTE<sup>3</sup>,  
Demilson F. FORTES<sup>3</sup>**

## RESUMO

A estimativa da necessidade de irrigação no interior de estufas pode ser realizada através de evaporímetros. O presente trabalho teve por objetivo o estudo das relações entre a evaporação medida em três tipos de evaporímetros, localizados no interior de estufa plástica: tanque classe-A (1,20 m de diâmetro interno x 0,25 m de altura), tanques reduzidos (0,20 m de diâmetro interno x 0,25 m de altura) localizados em diferentes posições (cabeceira sul, centro e cabeceira norte) e, atnômetro de Piché (capacidade de 30 ml, diâmetro interno de 11mm, comprimento de 32,5 cm e disco de papel filtro de 23,8 cm<sup>2</sup>), e a evaporação do tanque classe-A padrão instalado em Estação Agroclimatólogica. O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da FAEM/UFPel, de novembro de 1997 a maio de 1998 e de maio a agosto de 1998, períodos em que a estufa encontrou-se vegetada com feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Macarrão Favorito AG-480 de hábito indeterminado e, com alface (*Lactuca sativa* L.) cultivares Marisa (crespa) e Carolina (lisa), respectivamente. Utilizou-se uma estufa plástica modelo "túnel alto" de 320 m<sup>2</sup>, estrutura de ferro galvanizado, revestida com polietileno de baixa densidade (PEBD) de 0,15 mm de espessura. Considerou-se valores médios diários e de pêntadas. Para os dados diários, as correlações com o tanque classe-A externo foram de 0,48 com os tanques reduzidos, 0,49 para o tanque classe-A interno e de 0,54 para o atnômetro de Piché; os valores de evaporação do tanque classe-A, no interior da estufa, mostraram melhor correlação com os dados de evaporação da média dos tanques reduzidos (0,84) e para o atnômetro de Piché (0,61). Para todos os casos, as correlações considerando pêntadas, embora similares, foram ligeiramente superiores aos valores diários. O experimento demonstra a viabilidade da utilização de diferentes tipos de evaporímetros (tanques reduzidos ou atnômetro de Piché), que além de eficientes apresentam, pequena dimensão, menor custo e fácil manejo pelos agricultores.

-----  
<sup>1/</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, M. Sc. Doutorando em Produção Vegetal da Fac. Agronomia Eliseu Maciel/UFPel. C. Postal 354, 96010-900 - Pelotas - RS.

<sup>2/</sup> Eng<sup>o</sup> Agr<sup>o</sup>, Dr., Fac. Agronomia Eliseu Maciel/UFPel. C. Postal 354, 96010-900 - Pelotas - RS. Bolsista do CNPq.

<sup>3/</sup> Eng<sup>os</sup> Agr<sup>os</sup>. Bolsistas CNPq. Fac. Agronomia Eliseu Maciel/UFPel. C. Postal 354, 96010-900 - Pelotas - RS.

## INTRODUÇÃO

O recente aumento da área cultivada sob ambientes protegidos no Brasil, devido, entre outros fatores, as novas relações e exigências existentes entre produtores, mercados varejistas e consumidores nos últimos anos (Pinheiro, 1997), tem suscitado a demanda por parte de técnicos extensionistas e horticultores de conhecimentos mais acurados quanto ao manejo da água de irrigação das culturas (Trani et al., 1997; Medeiros et al., 1997).

Segundo Martins et al. (1997), o fornecimento de água às plantas em ambientes protegidos, dá-se exclusivamente por irrigação, sendo o manejo hídrico adequado um dos principais fatores relacionados a eficiência dos rendimentos agrícolas. A determinação do consumo hídrico das plantas pode ser uma tarefa extremamente complexa e dispendiosa e restrita aos trabalhos de pesquisa em estações experimentais. Entretanto, a evapotranspiração de espécies cultivadas em estufas plásticas pode ser estimada, de maneira bastante satisfatória, através da utilização de evaporímetros (tanques classe-A e tanques reduzidos) instalados no interior daquelas (Martins et al., 1997; Schwengber et al., 1994). Os limites da utilização de tanques classe-A no interior de ambientes protegidos estão relacionados ao custo de instalação e espaço ocupado. Com vistas a solução destes problemas, objetivou-se no presente estudo, analisar as relações entre a evaporação medida em três tipos de evaporímetros (tanque classe-A, tanques reduzidos e atmômetro de Piché), instalados no interior da estufa e, a evaporação do tanque classe-A instalado na Estação Agroclimatológica próxima ao local do experimento.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Fitotecnia da Faculdade de Agronomia "Eliseu Maciel" (FAEM), Campus da Universidade Federal de Pelotas (UFPel), localizado no município do Capão do Leão-RS (31°52'00"S, 52°21'24"W, 13,24 m.a.n.m.) no período de 06/11/97 a 22/02/98. Considerou-se valores médios diários e de pênadas, de evaporação do tanque classe-A da Estação Agroclimatológica da UFPel e de evaporímetros internos (tanque classe-A e tanques reduzidos) e, atmômetro de Piché localizados no interior da estufa plástica. O solo no qual foi desenvolvido o experimento é classificado como Planossolo do grupo Albaqualf. Segundo a classificação climática de Köppen, o clima da região é do tipo Cfa, temperado (C), com chuvas bem distribuídas (f) e verões suaves (a). Os dados climáticos médios da região para o período do experimento foram: temperatura média do ar 17,2°C e umidade relativa do ar 83,4%, enquanto para a estufa os valores de temperatura média do ar e umidade relativa foram de 20°C e 89,6%, respectivamente.

A Estação Agroclimatológica, localiza-se aproximadamente a 400 m da estufa plástica. Utilizou-se uma estufa plástica modelo "túnel alto", disposta no sentido norte-sul, com uma área de superfície coberta de 8m x 40m (320 m<sup>2</sup>), altura máxima superior de 3,5 m de altura, volume de 880 m<sup>3</sup>, estrutura de ferro galvanizado, revestida com polietileno de baixa densidade (PEBD) transparente, com aditivo contra os raios ultravioletas e espessura de 0,15 mm (150 µ), com, aproximadamente, um ano de uso. Durante o período inicial de observação (novembro de 1997 a maio de 1998) a estufa encontrou-se vegetada com feijão-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar Macarrão Favorito AG-480 hábito indeterminado, enquanto no período final (maio a agosto de 1998) com alface (*Lactuca sativa* L.) cultivares Marisa (crespa) e Carolina (lisa). A estufa foi mantida completamente fechada durante o período noturno (das 18 as 8 horas), sendo durante o período diurno aberta (das 8 as 18 horas), mecânicamente, através da abertura dos portões, dispostos nas cabeceiras norte e sul.

A evaporação foi medida simultaneamente no interior e exterior da estufa as 9:00 h em todos os evaporímetros. Os três tanques reduzidos internos (0,20 m de diâmetro e 0,25 m de altura), foram dispostos sobre estrados de madeira a 0,10 m do solo, localizados na cabeceira sul, centro e cabeceira norte da estufa. No centro da estufa, também, foram instalados um tanque classe-A (1,20 m de diâmetro e 0,25 m de altura) sobre um estrado de madeira de 0,10 m do solo e, um atnômetro de Piché (capacidade de 30 ml, diâmetro interno de 11 mm, comprimento de 32,5 cm e disco de papel filtro de 23,8 cm<sup>2</sup>), a 1 m do solo em um abrigo meteorológico. A medida da lâmina evaporada no tanque classe-A, tanques reduzidos foi realizada por meio de um micrômetro de gancho

Os dados foram analisados estatisticamente usando análise de regressão, entre as evaporações dos tanques classe-A (interno e externo), tanques reduzidos e atnômetro de Piché.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Conforme pode-se observar na Tabela 1, os valores médios de evaporação medidos no interior da estufa, para os distintos evaporímetros utilizados, foram 8 a 48% inferiores ao observado no tanque classe-A externo localizado na Estação Agroclimatológica. Segundo Farias et al. (1994) e Martins & Fernandes (1999), este fato se deve as alterações no balanço de energia causadas pelo material de cobertura da estufa (filme plástico) em relação ao meio externo, em consequência da diminuição da demanda evaporativa do ar em função da redução da radiação solar incidente e do componente aerodinâmico (vento). A diminuição da evaporação esteve também relacionada ao tipo de evaporímetro utilizado. Assim, verificou-se que aquela foi 8, 29 e 48% menor que a observada no ambiente externo, para o atnômetro de Piché, média dos tanques reduzidos e tanque classe-A internos, respectivamente.

Os coeficientes de correlação entre o tanque classe-A externo e evaporímetros internos tanque classe-A (Figura 1), média dos tanques reduzidos e atnômetro de Piché internos foram 0,49, 0,48 e 0,54, respectivamente. Foram observadas boas correlações entre os dados de todos os evaporímetros instalados no interior da estufa, destacando-se a existente entre o tanque classe-A e tanques reduzidos (Figura 2) de 0,84 e entre o tanque classe-A e o atnômetro de Piché (Figura 3) de 0,61, para os valores médios dos coeficientes de correlação diários. É importante, também, verificar que estas correlações são similares as obtidas para pêntadas (Tabela 2). Observa-se que os valores médios de evaporação dos tanques reduzidos internos (EV Rim) foram 27% superiores ao tanque classe-A interno (EV CL-Ai), o que pode ser atribuído a menor dimensão dos primeiros, uma vez que são mais afetados pelas condições externas, que interagem com o seu material de construção (chapa de alumínio). Verificou-se, ainda, que os tanques reduzidos instalados nas cabeceiras (EV RIS e EV RIN) apresentaram valores médios de evaporação bastante similares, 14 % superiores que o instalado no centro da estufa (EV RIC); pode-se inferir que aqueles foram mais afetados pelas condições externas (influência da ventilação) sem mostrar variação quanto a sua localização (norte e sul). Embora apresentando boas correlações entre si, a evaporação média do atnômetro de Piché foi superior em 24 e 44% as observadas para a média dos tanques reduzidos (EV Rim) e tanque classe-A internos, respectivamente.

**Tabela 1.** Valores médios diários de evaporação (EVMed) em mm, do tanque classe A interno (EV CL-Ai), tanque reduzido interno cabeceira sul (EV RIS), tanque reduzido interno central (EV RIC), tanque reduzido interno cabeceira norte (EV RIN), média dos tanques reduzidos (EV Rim), atnômetro de Piché interno (EV PI) e tanque classe A externo (EV CL-Ae).

Evaporímetros	EV CL-Ai	EV RIS	EV RIC	EV RIN	EV Rim	EV CL-Ae	EV PI
EVMed (mm)	1,97	2,83	2,42	2,84	2,70	3,82	3,54

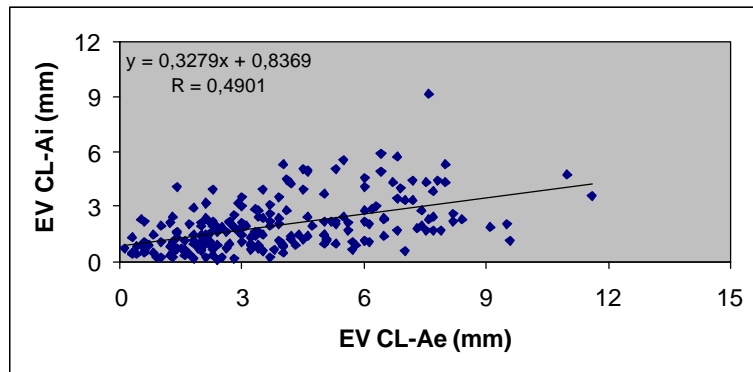
**Tabela 2.** Coeficientes de correlação diários e das pêntadas entre os evaporímetros tanque classe A interno (EV CL-Ai), tanque reduzido interno cabeceira sul (EV RIS), tanque reduzido interno central (EV RIC), tanque reduzido interno cabeceira norte (EV RIN), média dos tanques reduzidos (EV Rim), atnômetro de Piché interno (EV PI) e tanque classe A externo (EV CL-Ae).

Evaporímetros		Coeficientes de correlação	
		Diários	Pêntadas
EV CL-Ai	EV RIS	0,79	0,81
EV CL-Ai	EV RIC	0,80	0,82
EV CL-Ai	EV RIN	0,81	0,82
EV CL-Ai	EV Rim	0,84	0,85
EV CL-Ae	EV CL-Ai	0,49	0,48
EV CL-Ae	EV Rim	0,48	0,48
EV CL-Ai	EV PI	0,61	0,71
EV Rim	EV PI	0,72	0,82
EV CL-Ae	EV PI	0,54	0,57

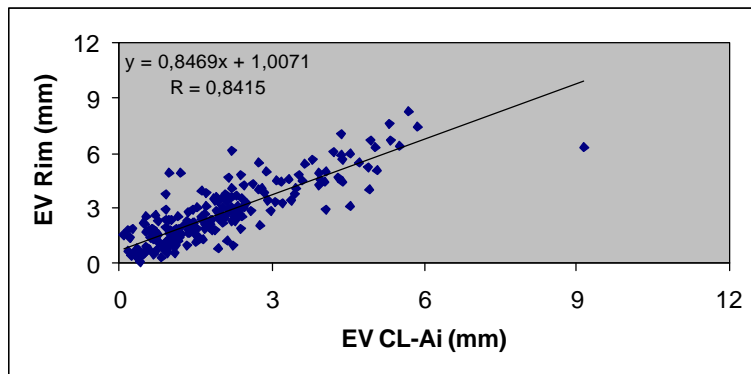
## CONCLUSÕES

Com base nos resultados concluí-se que: as melhores correlações com o tanque classe-A externo são obtidas, em ordem decrescente, com o atnômetro de Piché (0,54), tanque classe-A interno (0,49) e tanques reduzidos (0,48); os coeficientes de correlação para valores diários e de pêntadas foram bastante similares; os valores diários medidos internamente na estufa para o atnômetro de Piché, assemelham-se aos do tanque classe-A externo; todos os evaporímetros instalados no interior da estufa apresentam boas correlações entre si, destacando-se a existente entre o tanque classe-A e a média dos tanques reduzidos; os valores de evaporação dos tanques reduzidos situados nas cabeceiras (norte e sul) são superiores aos do tanque reduzido central; tanto tanques reduzidos como o atnômetro de Piché podem ser utilizados satisfatoriamente para a estimativa da evapotranspiração no interior de ambientes protegidos, tanto para valores diários como para pêntadas. O experimento demonstra a viabilidade da

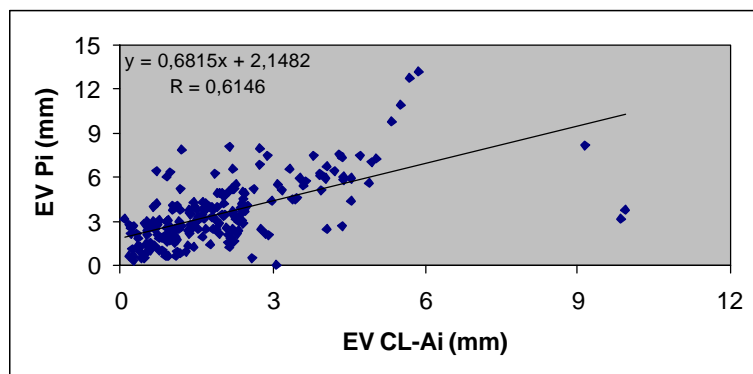
utilização de evaporímetros (tanques reduzidos ou atmômetro de Piché), que além de eficientes apresentam, pequena dimensão, menor custo e fácil manejo pelos agricultores



**Figura 1.** Relação entre valores diários de evaporação medidos no tanque classe-A externo (EV CL-Ae) e tanque classe-A interno (EV CL-Ai), em mm.



**Figura 2.** Relação entre valores diários de evaporação medidos no tanque classe-A interno (EV CL-Ai) e a média dos tanques reduzidos internos (EV Rim), em mm.



**Figura 3.** Relação entre valores diários de evaporação medidos no tanque classe-A interno (EV CL-Ai) e atmômetro de Piché interno (EV PI), em mm.

## BIBLIOGRAFIA

- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI, H.; MARTINS, S.R. Evaporação no interior de estufas plásticas. *Revista Brasileira de Agrometeorologia*. Santa Maria, v. 2, p. 17-22, maio 1994.
- MARTINS, S.R.; SCHWENGBER, J.E.; FERNANDES, H.S.; ASSIS, F.N.; MENDEZ, M.E. G.; FARIAS, J.R.B. Estimativa de evapotranspiração em ambiente protegido mediante tanque de evaporação reduzido. In: ENCONTRO DE HIDROPONIA, 2., 1997, Campinas. *Resumos...* Campinas: UNICAMP/DPPPAG, 1997. p. 92.
- MARTINS, S.R.; FERNANDES, H.S. Caracterização climática e manejo de ambientes protegidos: a experiência brasileira. *Informe Agropecuário*, 1999 (no prelo).
- MEDEIROS, J.F.; PEREIRA, F.A.C.; FOLEGATTI, M.V.; PEREIRA, A.R.; VILLA NOVA, N.A. Comparação entre a evaporação em tanque classe-A padrão e em minitanque, instalados em estufa e estação meteorológica. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 10., 1997, Piracicaba. *Anais...*Piracicaba: ESALQ/Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1997. p. 228-230.
- PINHEIRO, F.A. Segmentação de mercado de produtos hortícolas e cultivo em ambientes protegidos. In: FORO INTERNACIONAL DE CULTIVO PROTEGIDO, 1997, Botucatu. *Anais...* Botucatu: UNESP/FAPESP, 1997. p. 154-156.
- SCHWENGBER, J.E.; MARTINS, S.R.; QUINTANILHA, L.F.; PEIL, R.M. Uso de tanque "reduzido" para estimativa de evapotranspiração em estufa plástica: resultados preliminares. In: ENCONTRO DE HORTALIÇAS, 9., ENCONTRO DE PLASTICULTURA DA REGIÃO SUL DO BRASIL, 6., 1997, Maringá. *Anais...* Maringá: UEM, 1994. p. 48.
- TRANI, P.E.; GROppo, G.A.; SILVA, M. C.P.; MINAMI, K.; BURKE, T. J. Diagnóstico sobre a produção de hortaliças no estado de São Paulo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 15, n. 1, p. 19-24, maio 1997.